

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-114642

(43)Date of publication of application : 02.05.1995

(51)Int.Cl.

G06T 7/20

G01B 11/00

H04N 7/18

(21)Application number : 05-261223

(71)Applicant : **OYO KEISOKU KENKYUSHO:KK**

(22)Date of filing : 19.10.1993

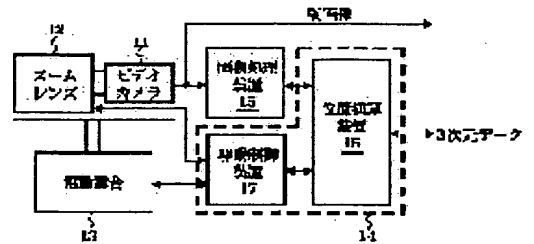
(72)Inventor : **NAKAMURA TORU**
KUWAJIMA SHIGEZUMI
SEKIGUCHI HIROMICHI

(54) MEASURING INSTRUMENT FOR MOBILE OBJECT

(57)Abstract:

PURPOSE: To find a coordinate conversion coefficient, etc., while actually a photograph by calculating three-dimensional spatial coordinates of an object on the basis of the distance of a vector to a restraint plane where a mobile object is present and the angle of rotation of a camera.

CONSTITUTION: A controller 14 is equipped with a position arithmetic unit 16 which calculates the three-dimensional spatial coordinates of the object, and a driving control unit 17 which obtains information on the angle of rotation, zooming, focusing, a stop, etc., from a zoom lens 12 and a motor-driven universal head 13 and supplies the information to the position arithmetic unit 16. In this case the position of the object on a screen is obtained from an image position measuring instrument and the position is converted into a position on a projection surface (VT surface) as a plane in the space of the image position measuring instrument. Then the vector from the center of the projection to the center of rotation of the universal head 13 is regarded as an aimed vector. The vector is rotated around the center of rotation of the universal head 13 by the tilt of the universal head 13. The point where the straight line obtained by extending the rotated aimed vector and the restraint plane cross each other is the position of the object in the three-dimensional space.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

02.10.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-114642

(43) 公開日 平成7年(1995)5月2日

(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 7/20				
G 0 1 B 11/00	H			
H 0 4 N 7/18	K			
		9061-5L	G 0 6 F 15/ 70	4 1 0

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平5-261223
(22) 出願日 平成5年(1993)10月19日

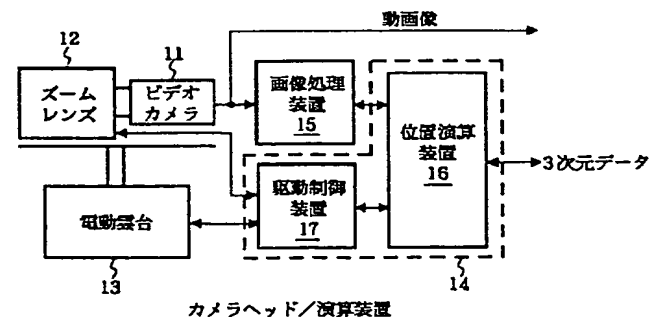
(71) 出願人 000140340
株式会社応用計測研究所
東京都大田区北千束3丁目26番12号
(72) 発明者 中村 亨
東京都大田区北千束3丁目26番12号 株式
会社応用計測研究所内
(72) 発明者 桑島 茂純
東京都大田区北千束3丁目26番12号 株式
会社応用計測研究所内
(72) 発明者 関口 大陸
東京都大田区北千束3丁目26番12号 株式
会社応用計測研究所内
(74) 代理人 弁理士 井出 直孝 (外1名)

(54) 【発明の名称】 移動物体の計測装置

(57) 【要約】

【目的】 移動物体を撮像してその座標を計測する装置において、座標を演算するためのカメラヘッドのパラメータ等をその場で求め、精度の高い検出ができるようにする。また、スムーズに移動物体を自動追尾できるようにする。

【構成】 移動物体を撮像するカメラを制御する駆動制御装置について基準点をカメラヘッドを動かしながら撮像し、その撮像画像を用いて移動物体の3次元空間座標を求めるための各種パラメータを求める。また、カメラの駆動装置が移動物体を追尾できるように撮像画像から被写体の座標を演算する時間間隔内で複数回にわたり制御目標値を駆動装置に与えるように制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 移動物体を撮像する撮像手段と、この撮像手段の撮像方向および撮像範囲を設定する駆動手段と、前記撮像手段により得られた映像信号に含まれる移動物体の画像内の位置を演算により求める画像処理手段と、この画像処理手段により求めた画像内の位置とその映像信号を得たときの撮像手段の撮像方向および撮像範囲に関する情報とからその移動物体の実空間内座標を演算により求める位置演算手段とを備えた移動物体の計測装置において、前記位置演算手段は、前記撮像手段のカメラのレンズの投影中心を設定し、この投影中心を点対称として撮像された移動物体の被写体を撮像素子面と点対称の位置にある投映面上の位置に変換する手段と、この変換する手段で変換された画像の被写体までの前記投影中心からのベクトルを設定しこのベクトルより移動物体の存在する拘束平面までの距離と前記カメラの回転角に基づいて対象物体の3次元空間座標を演算する手段とを含むことを特徴とする移動物体の計測装置。

【請求項2】 移動物体を撮像する撮像手段と、この撮像手段の撮像方向および撮像範囲を設定する駆動手段と、前記撮像手段により得られた映像信号に含まれる移動物体の画像内の位置を演算により求める画像処理手段と、この画像処理手段により求めた画像内の位置とその映像信号を得たときの撮像手段の撮像方向および撮像範囲に関する情報とからその移動物体の実空間内座標を演算により求める位置演算手段とを備えた移動物体の計測装置において、前記撮像手段のカメラのレンズの中心位置である画像の投影中心の位置および移動物体の3次元空間座標を演算に必要な変換用変数を仮の値として決めて拘束平面上に固定されその空間位置座標が分かっている基準点を撮像してその空間位置座標を演算する手段と、演算結果に基づいてカメラの投影中心および前記変換用変数を少しずつ変動させながら再度基準点を撮像して投影中心および変換用変数を求める手段とを備えることを特徴とする移動物体の計測装置。

【請求項3】 移動物体を撮像する撮像手段と、この撮像手段の撮像方向および撮像範囲を設定する駆動手段と、前記撮像手段により得られた映像信号に含まれる移動物体の画像内の位置を演算により求める画像処理手段と、この画像処理手段により求めた画像内の位置とその映像信号を得たときの撮像手段の撮像方向および撮像範囲に関する情報とからその移動物体の実空間内座標を演算により求める位置演算手段とを備えた移動物体の計測装置において、

前記撮像手段の駆動手段を複数の動作点について動作させ、その駆動手段の駆動量を電気信号として得る手段を備え、

前記位置演算手段は、この得られた複数の動作点での電気信号と、カメラのレンズの投影中心位置との関係を求め、その複数動作点における関係に基づいて投影中心位置と駆動量との関係式を求め対象移動物体の3次元空間座標を演算する手段を含むことを特徴とする移動物体の計測装置。

【請求項4】 移動物体を撮像する撮像手段と、この撮像手段の撮像方向および撮像範囲を設定する駆動手段と、前記撮像手段により得られた映像信号に含まれる移動物体の画像内の位置を演算により求める画像処理手段と、この画像処理手段により求めた画像内の位置とその映像信号を得たときの撮像手段の撮像方向および撮像範囲に関する情報とからその移動物体の実空間内座標を演算により求める位置演算手段と、得られた移動物体の実空間内座標に基づいてその移動物体の移動方向を予測する移動予測手段と、この予測手段により前記駆動手段の制御を行う駆動制御手段とを備えた移動物体の計測装置において、前記移動予測手段は、前記位置演算手段の位置演算の間隔より短い時間間隔で移動物体の位置を複数回予測する手段を含み、前記駆動制御手段は、前記位置演算手段の演算間隔より短い時間間隔で前記駆動手段に前記予測された位置の値に基づく制御目標値を与える手段を含むことを特徴とする移動物体の計測装置。

【請求項5】 移動物体を撮像する撮像手段と、この撮像手段の撮像方向および撮像範囲を設定する駆動手段と、前記撮像手段により得られた映像信号に含まれる移動物体の画像内の位置を演算により求める画像処理手段と、この画像処理手段により求めた画像内の位置とその映像信号を得たときの撮像手段の撮像方向および撮像範囲に関する情報とからその移動物体の実空間内座標を演算により求める位置演算手段とを備えた移動物体の計測装置において、前記撮像手段はカラーカメラを含み、画像処理手段は、撮像された画像内から計測対象の移動物体を背景から色によって分離する色抽出手段を含むことを特徴とする移動物体の計測装置。

【請求項6】 移動物体を撮像する撮像手段と、この撮像手段の撮像方向および撮像範囲を設定する駆動手段と、前記撮像手段により得られた映像信号に含まれる移動物体の画像内の位置を演算により求める画像処理手段と、この画像処理手段により求めた画像内の位置とその映像信号を得たときの撮像手段の撮像方向および撮像範囲に

関する情報とからその移動物体の実空間内座標を演算により求める位置演算手段と、
得られた移動物体の実空間内座標に基づいてその移動物体の移動方向を予測する移動予測手段と、
この予測手段により前記駆動手段の制御を行う駆動制御手段とを備えた移動物体の計測装置において、
前記駆動制御手段は、前記撮像手段の撮像範囲での照度分布あるいはホワイトバランス分布情報をあらかじめ得ておき、この情報に基づき前記駆動手段を制御して撮像手段のカメラ装置の絞りあるいはホワイトバランスを調整する手段を含むことを特徴とする移動物体の計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、移動物体を撮像してその撮像画像を用いて計測を行う装置に利用する。本発明は、映像を利用して計測を行う場合や、放送などで使うために映像を編集する場合など、複数の動画像映像を組み合わせて使う場合に利用できる。

【0002】本発明は、特にスポーツ競技のような移動する競技者を追尾して撮像し、その3次元空間座標情報を抽出する装置に利用するに適する。

【0003】

【従来の技術】移動物体を計測する方法として、移動物体を撮像してその映像信号を処理することにより移動物体の3次元空間座標を求めることが行われている。

【0004】出願人は、このような移動物体を計測する装置として、雲台に載置された撮像装置により得られた映像信号に雲台や撮像装置から得られた情報を位置情報として重畳する技術の特願平5-082178として、移動物体を撮像した信号からその移動物体の3次元空間座標を演算する技術の特願平5-082209、移動物体の動きを予測または計測しておき、カメラ装置を制御する技術の特願平5-138805、得られた移動物体の3次元空間座標情報を映像データに重畳する技術の特願平5-139629、映像信号から移動物体を識別する技術の特願平5-137857（いずれも本願出願時に未公開）として出願した。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】これら出願人の提案した技術でも、種々の改良すべき点がある。

【0006】まず、撮像した画像から対象物体の3次元空間座標を演算するには、カメラ装置や雲台から得られた、回転角、撮像面の位置等の情報から3次元実空間座標に変換するための座標変換係数などの各種パラメータが必要である。しかし、前記出願はこれらのパラメータをどのように求めるかについては言及していない。また、これらのパラメータは、カメラ装置や雲台ごとに製造上の誤差があるため、設計上の値を用いることは好ましくない。さらにこれらのパラメータは経年変化や温度

変化等により変わるものである。このため具体的に実際の撮像の場で装置等の分解等を行わずにこれらのパラメータを求める必要がある。

【0007】また、これらのパラメータを正確に求めておくことは、移動物体の計測精度を高くすることであり、また、移動物体を自動追尾撮像する場合の自動追尾制御の精度を上げるために必要であり、装置ごとに異なるパラメータを実際の撮影の場所で求める必要がある。

【0008】本発明の目的は、上述の先願を改良するので、精度の高い3次元空間座標情報を得られる計測装置を提供することにある。

【0009】本発明の他の目的は、移動物体の3次元空間座標の演算に用いる座標変換係数等を実際に撮影しながら求めることができる装置を提供することにある。

【0010】また本発明の他の目的は、移動物体の追尾制御を精度よく行うことができるようにすることにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、移動物体を撮像する撮像手段と、この撮像手段の撮像方向および撮像範囲を設定する駆動手段と、前記撮像手段により得られた映像信号に含まれる移動物体の画像内の位置を演算により求める画像処理手段と、この画像処理手段により求めた画像内の位置とその映像信号を得たときの撮像手段の撮像方向および撮像範囲に関する情報とからその移動物体の実空間内座標を演算により求める位置演算手段とを備えた移動物体の計測装置において、前記位置演算手段は、前記撮像手段のカメラのレンズの投影中心を設定し、この投影中心を点対称として撮像された移動物体の被写体を撮像素子面と点対称の位置にある投射面上の位置に変換する手段と、この変換する手段で変換された画像の被写体までの前記投影中心からのベクトルを設定しこのベクトルより移動物体の存在する拘束平面までの距離と前記カメラの回転角に基づいて対象物体の3次元空間座標を演算する手段とを含むことを特徴とする。

【0012】また、前記撮像手段のカメラのレンズの中心位置である画像の投影中心の位置および移動物体の3次元空間座標を演算するに必要な変換用変数を仮の値として決めて拘束平面上に固定されその空間位置座標が分かっている基準点を撮像してその空間位置座標を演算する手段と、演算結果に基づいてカメラの投影中心および前記変換用変数を少しずつ変動させながら再度基準点を撮像して投影中心および変換用変数を求める手段とを備えることができる。

【0013】また、前記撮像手段の駆動手段を複数の動作点について動作させ、その駆動手段の駆動量を電気信号として得る手段を備え、前記位置演算手段は、この得られた複数の動作点での電気信号と、カメラのレンズの焦点位置である投影中心位置との関係を求め、その複数の動作点における関係に基づいて投影中心位置と駆動量と

の関係式を求め対象移動物体の3次元空間座標を演算する手段を含むことができる。

【0014】また、得られた移動物体の実空間内座標に基づいてその移動物体の移動方向を予測する移動予測手段と、この予測手段により前記駆動手段の制御を行う駆動制御手段とを備え、前記移動予測手段は、前記位置演算手段の位置演算の間隔より短い時間間隔で移動物体の位置を複数回予測する手段を含み、前記駆動制御手段は、前記位置演算手段の演算間隔より短い時間間隔で前記駆動手段に前記予測された位置の値に基づく制御目標値を与える手段を含むことができる。

【0015】また、前記撮像手段はカラーカメラを含み、画像処理手段は、撮像された画像内から計測対象の移動物体を背景から色によって分離する色抽出手段を含むことができる。

【0016】さらに、得られた移動物体の実空間内座標に基づいてその移動物体の移動方向を予測する移動予測手段と、この予測手段により前記駆動手段の制御を行う駆動制御手段とを備え、前記駆動制御手段は、前記撮像手段の撮像範囲での照度分布あるいはホワイトバランス分布情報をあらかじめ得ておき、この情報に基づき前記駆動手段を制御して撮像手段のカメラ装置の絞りあるいはホワイトバランスを調整する手段を含むことができる。

【0017】

【作用】本発明では、映像だけでなく、実際の空間の3次元空間位置座標を対象物体の撮像とともに計測し、映像と同期させて記録しあるいは出力することができる。3次元空間位置座標の測定は、対象物体そのものの3次元座標または、撮影されている範囲の3次元座標、または撮影している範囲の中の中心など代表点などについて行なわれる。

【0018】対象物体の3次元空間位置座標の演算は、ビデオカメラ装置のレンズの焦点位置を投影中心Oとして、CCDの撮像面とこの投影中心Oを点対称とする投映面VTを考える。この投映面VT上には、CCDの撮像面で得られた画像とは逆の被写体の撮像画像が得られる。この投映面VT上の被写体に対する投影中心Oからのペルトルを設定する。そしてこの投影中心Oからのペルトルに基づいて被写体の存在する拘束平面までの距離と角度によりその被写体の3次元空間座標を演算する。

【0019】また、この被写体の3次元空間座標を演算するに際して、必要な座標変換係数など各種パラメータを、実際に拘束平面上にあり、あらかじめその3次元空間座標が分かっている基準点をそれぞれカメラ装置のズームあるいは雲台を動かしながら撮像して、カメラ装置やズームなどのパラメータを決める。

【0020】また、雲台やズームレンズの制御には、カメラ装置の撮像回数がその撮像方式からきまっているため、撮像した画像によって求めた対象物体の位置情報に

より、撮像時間間隔で、雲台やズームレンズの制御を行うと、対象物体の動きに追従できないことが生ずるので、撮像時間間隔の間に複数回にわたって対象物体の移動位置を予測して、その予測値に基づいて制御目標値を駆動手段に与えることにより、撮像手段の自動追尾制御をスムーズに行うことができる。

【0021】さらに、カラーカメラ装置をより、色識別を行うことにより対象物体を背景から抽出する。また、あらかじめ移動物体の移動可能範囲内の照度分布あるいはホワイトバランスのマップを作成しておき、カメラ装置の絞り等を調整する。

【0022】

【実施例】以下図面を参照して本発明の実施例を説明する。

【0023】なお、以下の実施例は計測の対象となる選手の動きが水平方向に比べて高さ方向の動きが少なく平面とみなせる場合の実施例で説明する。

【0024】（第一実施例）水泳競技のように、対象物体（選手）の動きが水平方向にくらべて高さ方向の動きが少なく平面とみなせる場合の実施例を以下に示す。

【0025】図1に移動物体の計測装置および編集装置全体のブロック図を示す。全体は、カメラヘッド1、データ記録部2、動画像編集部3を備え、時間管理を行うためのタイムベースユニット4およびストップウォッチ5を備えている。

【0026】撮影は図2のように、対象物体7はカメラヘッド1によって、映像と同時に3次元の位置が測定される。また、カメラヘッド1は対象物体7の動きにあわせて自動的に動き、対象物体を追尾する。

【0027】対象物体7の動きは平面6に限定されとしてもよいから平面6に対してのカメラヘッド1の位置とカメラヘッド1から対象物体7を見たときの方向がわかれば、平面と直線の交点をもとめることで対象物体の3次元での位置がわかる。また同時にレンズの画角から平面6の撮影されている範囲が計算できる。

【0028】図3は、このカメラヘッド1の構成の全体の概念図を示すもので、ビデオカメラ11、ズームレンズ12、このビデオカメラ11およびズームレンズ12を搭載する電動雲台13を備える。このカメラヘッド1は特願平5-138805に示したカメラヘッド/演算装置に対応するものである。電動雲台13およびズームレンズ12を制御するヘッドコントローラ14は、対象物体の3次元空間座標を演算する位置演算装置16と、ズームレンズ12、電動雲台13に対する駆動制御を行うとともにズームレンズ12および電動雲台13からの回転角度、ズーム、フォーカス、絞り量等の情報を得て、位置演算装置16にその情報を与える駆動制御装置17を備える。また、ビデオカメラ11の撮像した映像は、動画像として、データ記録部に出力されるとともに、計測の対象となる対象物体を抽出するための画像処

理を施す画像処理装置15が設けられている。なお、このカメラヘッド1は図2に示されるように複数設けられる。

【0029】図4は、図3に示すカメラヘッド1の構成をさらに詳しく示したものである。ビデオカメラ11は、カラービデオカメラであり、その出力は、動画像としてデータ記録部2あるいは動画像編集部3に出力される。また、画像処理装置15に対応するものとして、被写体の対象物の背景から抽出する学習型色抽出装置21および被写体の画面上の位置を演算する画像位置計測装置22を備えている。学習型色抽出装置21には確認用TVモニタ36が接続され、画像位置計測装置22には操作用TVモニタ37が接続されている。画像位置計測装置22の出力は、位置演算装置16内の対象物の空間座標を演算する空間座標計算回路26に入力される。

【0030】ズームレンズ12は、アイリス駆動用モータ121、アイリス位置検出用ポテンシオメータ122、フォーカス駆動用モータ123、フォーカス位置検出用ポテンシオメータ124、ズーム駆動用モータ125、ズーム位置検出用ポテンシオメータ126を備える。また、電動雲台13は雲台水平軸駆動用モータ131、雲台水平軸位置検出用ポテンシオメータ132、雲台垂直軸駆動用モータ133、雲台垂直軸位置検出用ポテンシオメータ134を備える。

【0031】本実施例では、位置制御サーボ回路201～205を備えたサーボ回路20が設けられており、ヘッドコントローラ14の制御出力は、これらの位置制御サーボ回路201～205に導かれる。この位置制御サーボ回路201～205は、それぞれアイリス駆動用モータ121、フォーカス駆動用モータ123、ズーム駆動用モータ125、雲台水平軸駆動用モータ131、雲台垂直軸駆動用モータ133の位置制御に用いられる。

【0032】ヘッドコントローラ14は、アイリス位置検出用ポテンシオメータ122、フォーカス位置検出用ポテンシオメータ124、ズーム位置検出用ポテンシオメータ126、雲台水平軸位置検出用ポテンシオメータ132、雲台垂直軸位置検出用ポテンシオメータ134からの出力をそれぞれデジタル信号に変換するA/D変換器23を備える。また、各モータの制御信号は、D/A変換器24からそれぞれの位置制御サーボ回路201～205に出力される。

【0033】ヘッドコントローラ14は、A/D変換器23の出力に基づいてビデオカメラ11の方向計算を行うカメラの方向計算回路28、このカメラの方向計算回路28の出力と画像位置計測装置22の出力とに基づいて対象物の3次元空間位置座標を演算する空間座標計算回路26と、この演算出力に基づいて対象物の移動予測位置を演算する移動予測回路27と、この移動予測演算結果に基づいて、ビデオカメラの方向決定を行うカメラの方向決定回路30、ズームレンズ12のズーム量の決

定を行うズーム量決定回路31、フォーカス量の決定を行うフォーカス決定回路32を備える。これらの回路30～32の出力は各モータの制御量を決定するモータの制御回路33に入力される。モータの制御回路33は、各モータの制御量を決定してその制御信号をD/A変換器24を介してそれぞれの位置制御サーボ回路201～205に出力する。

【0034】なお、演算された移動物体の3次元空間位置座標は、インタフェース34より3次元データ出力としてデータ記録部2あるいは動画像編集部3へ出力される。また、インタフェース34は、対象物の位置を表示する表示部、端末装置、操作部とを含む制御用端末装置38にも接続され、そこから与えられる制御信号を各カメラの方向決定回路30、ズーム量決定回路31、フォーカス決定回路32に与える。このように本実施例は手動による操作が可能となっている。

【0035】図5は、対象物体7を撮像するカメラヘッド1のうち、ビデオカメラ11、ズームレンズ12および電動雲台13の構成を説明する図である。ビデオカメラ11は通常1フィールド1/60秒単位で撮影される。

【0036】カメラレンズは、固定焦点でもよいが、広い範囲を撮影するときにはズームレンズが便利である。この実施例では電動ズームレンズにポテンシオメータを設け、ズームリングの回転角度を電圧値で読み取ること、常に現在の画角を知ることができるようになっている。また、そのデータをつかってサーボを構成して、ヘッドコントローラ14の指令でズームを任意の位置に動かすことができる。回転角度のセンサーにはこの例ではポテンシオメータを使ったが、ロータリーエンコーダなど他のものでも良い。またこの例はレンズの画角に影響がない方法、たとえば写らない部分をつかったり、カメラの素子の感度の低い波長を使ったり、ブラッキング期間を使ったりして光学的にリアルタイムに実測することもできる。

【0037】レンズの実際の画角とセンサーの出力は機械的な結合になっているため、個体によるばらつきや、経時変化が発生する。個体によるばらつきは工場で検査し、補正データを持つことで対応できる。経時変化については、3次元座標演算のために行うカメラヘッドのキャリブレーションの時に、大きさのわかっているものを、ズームを変化させながら撮影し、補正データを修正することができる。

【0038】レンズはまた、フォーカスおよびアイリスにもモータとポテンシオメータが取り付けられていて、サーボが組まれている。ズームと同様にヘッドコントローラ14の指令で動かすことができ、またヘッドコントローラ14は現在の値を知ることができるようになっている。フォーカスのコントロールはカメラから得られた

画像の高周波成分を調べるなどのいわゆるオートフォーカスアルゴリズムを使うこともできるが、このシステムでは対象物体の3次元位置がわかるから、カメラと対象物体の距離が計算でき、その距離に応じてコントロールしている。またアイリスのコントロールも同様にカメラからの映像に応じて変化させる方法もあるが、水泳などのように照明光の直接反射が入ったりする場合はいわゆるオートアイリスのアルゴリズムは最適とはいえない。ここでは、対象物体の移動可能範囲つまりプールの、全体あるいは何点かの輝度を測定し、プールの照度マップをあらかじめ作成しておき、対象物体の位置に応じてアイリスをコントロールする。これはまた、ホワイトバランスも同様に行える。均一の照明であればホワイトバランスが変化することはないが、色温度のことなる複数の照明がある場合は場所に応じてホワイトバランスを変化させる必要がある。撮影された画像を使ったオートホワイトバランスのアルゴリズムではプールの様な画面のほとんどが単一の白以外の色で占められている画像は苦手である。この例ではアイリスのコントロールと同様にプール全体にホワイトバランスのマップを作成し、それによってカメラのホワイトバランスを調整している。

【0039】電動雲台13は水平方向の回転のパン方向と垂直方向の回転のティルト方向にカメラの向きを変えられることができる。それぞれの軸にはポテンショメータが取り付けられており、カメラの現在の向きを知ることができる。またレンズと同様にサーボ系が組まれていて、ヘッドコントローラからの指令で任意の向きに動かすことができる。レンズ系と異なり雲台は、慣性モーメントが大きいため、サーボ回路に指示した位置にたどり着くまでには時間がかかる。そのため、映像と同期したカメラの向きはサーボ系への指示位置を使うのではなく、ポテンショメータの読みを使うようにしている。ここでは回転角度のセンサーとしてポテンショメータを使ったが、光学式のロータリーエンコーダなどほかのものでも角度の情報が得られるものであればなんでもよい。

【0040】図4に示すように、ヘッドコントローラ14には5つのポテンショメータ読み込み用のA/D変換器23とサーボ系への位置指令用電圧を発生する5つのD/A変換器24がある。この例ではアナログ電圧をサーボ計とのインタフェースとして使ったが、パラレルやシリアルデジタル信号を用いてもよい。

【0041】次に自動追尾制御について説明する。

【0042】自動追尾の場合、カメラから得られた画像の中で対象物体と背景を自動的に分離しなければならない。この例では、ビデオカメラ11としてカラーカメラを用い、学習型色抽出装置21が色で分離している。対象物体は背景にない色であるたとえば水泳帽とする。普通水泳帽はプールで目立つような色が使われているため背景と分離するのに適している。またこの例では色をつかって対象物体を背景から分離しているが、分離ができ

れば例えば輝度、特定のパターンとの相関、など何を用いてもよい。背景から分離された対象物体は、その画像のなかでの位置が画像位置計測装置22によって計算される。この例では分離された図形の図心の位置が、画面内のどこにあるかを計算している。自動追尾は対象物体が、常に映像の中心など、特定の位置に映し出されるように雲台とレンズをコントロールする。

【0043】画像位置計測装置22のデータだけを使って、画像の中で対象物体の位置と目的位置との差が常に小さくなるように雲台をコントロールする方法では、対象物体とカメラの距離が変わったり、レンズのズームが変わったりした場合、画面上の差と雲台の回転量との比率が変化してしまうため、制御ループのゲインが変化してしまい最適に制御することが困難である。そのためこの例では以下のように対象物体の3次元位置計測と、雲台制御を分けて行っている。

【0044】まず画像内の対象物体の位置とカメラの向きおよびレンズのパラメータから対象物体の実際の3次元位置を求める。次に求めた3次元位置が画面の中心など目標とする位置になるカメラの方向と傾きを計算する。そしてその方向にカメラが向くように雲台を制御するようにしている。またこの例では、対象物体の動きは平面に限定しているため、この拘束平面内での対象物体の位置を計算するようにした。こうして対象物体の位置がわかれば、対象物体とカメラの距離がわかるため、その距離に合うようにレンズのフォーカスを制御する。また、対象物体がだいたい同じ大きさに写るように、ズームを距離に応じて制御している。

【0045】制御する場合に、サーボ系へは目標値を電圧で指示する。この指示は1フィールドの1/60秒間隔では、間隔が広すぎてなめらかな制御ができない。対象物体の3次元位置の計測は1フィールド間隔でしかやれないため、対象物体の3次元空間内での動きを予想している。サーボ系への目標値設定はこの予想値をつかうことで、フィールド周期に関係なく間隔を狭くできる。この例では、約4ミリ秒間隔で、1フィールドあたり4回の目標指示をすることでなめらかな動きを得ている。対象物体の動きの予測には、1つ前のフィールドとの差をそのまま延長する1次補間を使っているが、たとえば重力場での運動物体には常に重力加速度が加わっているなど、対象物体の性質がわかっているればその物理法則にしたがった予想方法をとってもよい。またカルマンフィルタなどで予測することもできる。

【0046】次に対象物体の3次元座標の計算方法について説明する。

【0047】図6に示すように、座標系は右手座標系を使用し、原点には雲台の回転中心とした。対象物体が動く拘束平面に垂直にY軸をとる。雲台の2つの軸はY軸方向を0度とする。(2つの軸をともに0度とすると、カメラの光軸はY軸と平行になる。) また図7に示すよ

うにカメラの撮像面 (CCD面) は雲台の2軸を0度としたとき、回転中心から、XYZ方向にそれぞれOffset X, Offset Y, Offset Z だけ離れた位置にある。図9に示すようにズームレンズでは投影中心をN1、N2の2つ考えなくてはならない。しかし計算を容易にするためこの例では、N1、N2の距離に対して被写体までの距離が十分に大きいものとして、投影中心を1つの薄いレンズで、さらに軸に近い光線という近似をして図8のようなピンホールカメラモデルを使う。現実の撮像系ではレンズはこのような理想状態からずれていて非線形要素がある。非線形要素を考慮するためには、線形の数値計算のかわりに大きな数値テーブルをもって処理する必要がある。しかし自動追尾の制御が十分によく働き、対象物体が画像の中心になるように動くと、レンズの中心付近に3次元の位置計測対象がくることになりレンズの特性のもっともよいところをつかえるため、雲台の設置場所の強度や、角度センサーの精度以上の光学精度をだすのに線形近似でも十分なレンズを選ぶことは困難ではない。

【0048】対象物体の3次元空間座標を得るには、図10のように、画像位置計測装置から対象物体の画面上の位置を得て、その位置を画像位置計測装置の空間上の平面である投影面 (VT面) 上の位置に変換する。なおVT面は、CCD面に対して投影中心の点対称の位置にあるから、VT面上の像の大きさは撮像素子上にレンズで結像する像と大きさは等しくなる。また画像の中心は、光軸が投影面と交わる点 (主点) と必ずしも一致しないため、そのずれ分の補正を画像位置計測装置の位置を平行移動させてする必要がある。図11のように投影中心からVT面の対象物体の位置までのベクトルを注目ベクトルとする。つぎにその注目ベクトルを雲台の回転中心を中心に雲台の傾きと同じだけ回転させる。図12のように回転させた注目ベクトルを延長した直線と拘束平面が交わる点が対象物体の3次元空間の位置である。また、注目ベクトルのかわりにVT面の四隅までのベクトルを用いることで、写っている範囲である拘束平面上の視野を計算することができる。次に、求めた対象物体の3次元空間位置を目標点として、目標点が画面の指定した場所、たとえば主点に写るように雲台を制御する角度を求める。画像の主点の位置にもっていく場合、図13のように主点を通るカメラの中心線が拘束平面上の目標点と交差するような雲台の2軸の回転角を求める。図13で角Aは、拘束平面までの距離と、拘束平面上的目標点のY軸からの距離を使ってアークタンジェントで求まる。同時に、回転中心から目標点までの距離dも求まる。また角Bは距離dと、カメラ中心線の回転中心からの距離をつかってアークコサインで求めることができる。また主点以外へもってくる場合は、図14のように投影中心からVT面の指定点をさすベクトルaを延長し、拘束平面上的目標点と交わるような回転角度を求めればよい。

【0049】このようにして計算された回転角度になるようにサーボ回路20をコントロールする。

【0050】次に、実際のパラメータについて説明する。これまで述べてきた空間座標の計算や、雲台の回転角の計算には、投影中心の位置、撮像面の位置、画像位置計測装置から得られた座標を実際の空間座標に変換するための係数などのパラメータがある。これらのパラメータは精度に大きく影響していて、精度を出すためには正確にパラメータを求めなければならない。ところが、この種のパラメータには製造上の誤差が必ず含まれる上に運搬などでずれる可能性もある。さらに動作しているときにはいろいろな加速度が加わり経時変化や、温度変化などが考えられる。そのため設計上の値をそのまま使い続けることは望ましくない。そこで、本発明では、これらのパラメータを、分解等をせずに動作可能状態で実測することを行なっている。測定方法を以下に示す。

【0051】主点は、ズームを変化させても画像のなかで移動しない点である。固定対象物体を仮の主点に写るようにして、ズームを変化させる。ズームの変化で画像内で位置が変化したら、それは正しい主点からずれているから仮の主点を変化させ、ズームによらない点をさがす。

【0052】投影中心と、画像位置計測装置座標の変換係数は相互に関係していて、どちらかが正確に求まっていなくても他方は求まらない。そのためまず設計値などから仮の座標変換係数と投影中心の位置を決める。対象物体として拘束平面上に固定された基準点を撮影する。次に雲台の回転軸を実際に回転させながら、基準点の座標を計算する。投影中心と座標変換係数を少しずつ変動させながら回転、計算させる。点は固定であるから、計算結果が回転軸の角度によらず一定となるような値として、正しい投影中心と座標変換係数が求まる。ここではまだズームは変化させていない。ズームを変化させると投影中心の位置は移動するから次に、いま求めた座標変換係数をつかって、ズームを変化させながら、それぞれの焦点距離の対応する投影中心を求める。

【0053】ここで、実際のパラメータの例を示す。レンズのズームはズームリングをモータで回転させることで変化させ、その回転角度をズーム位置検出用ポテンシオメータ126で電圧として検出して、A/D変換器23でデジタルの値として読み込む。したがってコントローラが知ることができるのはこのA/D変換器23の値だけである。投影中心の位置はレンズのズームの関数である。したがって実際の投影中心の位置を求めるためにはレンズのズームリングのA/D変換器23の値から求めなければならない。前に述べたように本発明では、パラメータは実測を基本としているため、A/D変換器の値と、投影中心の位置との関係をすべての値について測定することは非常に多くの時間を使ってしまい現実的でない。そのためいくつかの点だけを測定し、それらか

ら関係式をもとめることを行なっている。一度関係式の係数が決まってしまうとすべての点の値をあらかじめ計算しておくテーブル方式をとることもできるが、この例では計算機のスピードが十分にあるため、毎回計算を行なっている。図15にA/D変換器と投影中心の位置の実測値のグラフを示す。このレンズでは、投影中心の位置の逆数がA/D変換器の読みの3次式で近似できる。投影中心の位置の逆数とA/D変換器の読みの関係のグラフを図16に示す。このなかで丸が実測値で曲線はそれをもとに作った3次式による曲線である。同様にフォーカスについてもA/D変換器の読みと実際のレンズのフォーカスの実測値から関係式を求める。距離の逆数とA/D変換器の関係を図17に示す。この場合は1次式で関係が表わされる。同様なパラメータの決定手法は、サーボ系にも使っている。前述したように、対象物体の追

$$0.219564s^2 - 22.3778s + 1009.41$$

$$G03 = \frac{s^3 + 23.7241s^2 + 228.904s + 1006.42}{s^3 + 23.7241s^2 + 228.904s + 1006.42}$$

次に自動追尾制御について説明する。

【0055】前述したように、テレビカメラのフィールド周期は約60Hzすなわち約16.7m秒のため対象物体の位置も16.7m秒間隔で得られるが、モータを制御するためには16.7m秒間隔では広すぎるためこの例ではそれを4等分した約4m秒間隔で行っている。具体的には回転角を検出するポテンシオメータの値を読み込み、その値と目標値との差をもとにPID制御でモータに指令を送るのが4m秒間隔である。前述のようにこの目標値は対象物体の動きをもとに16.7m秒間隔のデータから推定している。ヘッドの制御はこの雲台制御以外に、レンズのズーム、フォーカスなどがある。図19、図20にフローチャートの1例を示す。

【0056】初期設定が終わり自動追尾動作に入ると、まず画像位置計測装置から対象物体の位置を読み取る。画像位置計測装置のデータはテレビカメラのフィールド周期で得られ、これを時間タイミングの基準にしている(タイマーリセット)。また一方でモータの制御のため回転角のポテンシオメータを読み込みPID制御の計算をしてモータに指令を出す。このときの目標値は前回の計算で得られた4つの目標値の最後の値を使う。画像位置計測装置からの情報と、ポテンシオメータの値から対象物体の3次元空間での位置を計算する。対象物体の動きに雲台の性能が追い付かない場合も考えられるため、対象物体が画面にあるかどうかの判断を行なう。対象物体が画面内にある場合は、4m秒間隔の目標値4つを対象物体の運動法則から予測する。この例では単純に1次外挿補完によっている。この目標値へカメラの向きを合わせるための雲台の回転角度を4組計算する。この回転角度がモータへの目標値となる。雲台の回転角度がわかると、その角度がそのシステムの動特性で可能なかどうか判断できる。もしシステムの動特性よりも対象物

体は対象物体が主点に近ければ、光学系の誤差の影響がすくなくなり計測精度があがる。したがってサーボ系を適切に組むことは重要である。光学系に比較してサーボ系は変動に強いがそれでも、実際の系でパラメータを実測することは重要である。その様子を次に示す。図18は水平回転軸のステップ応答(細い実線)と、この実測値にもっとも近くなるようにパラメータを決定したモデル(太い実線と破線)の特性を示す。これによって求まった伝達関数の例を式1に示す。メンテナンスなどでレンズやカメラの一部あるいは全部を交換した場合でも、このように実際に動作する系の特性を測定しそこからパラメータを決定する手法を用いることで最適な制御が行なえる。

【0054】

【数1】

体の動きが早く、そのままでは画面からはみ出すことがわかった場合は、ズームを広角側に移動させ、見える範囲を広くすることで見失うことをさける。そうでない場合は、対象物体とカメラの距離から、対象物体の大きさがほぼ同じになるようにズームの位置を計算する。また同様にしてフォーカスの位置を距離に合わせて計算する。これらの値は雲台の時と同じで、目標値となり、制御はこの目標に合わせるように行う。これで1つの画像からのデータによる計算は終わりであとは4m秒ごとにモータをコントロールするだけである。

【0057】以上は対象物が映像内にあった場合であるが、もし対象物が見つからなかったときは、以下のような処理を行なう。対象物が見えない時間によって2種類の処理が考えられる。これは、本当に見失った場合と、たまたまなんらかの原因、たとえばカメラの前を障害物が一瞬横切った場合などで一瞬見えなくなった場合の2通りに対応する。対象物体が見えない時間は、フィールド周波数の16.7m秒を単位として計るのが簡単である。隠れた時間が短い場合は、今までの対象物体の動きから対象物体の位置を予測して、そこに対象物体があるものとして制御し、同時にズームを若干広角にし、予測の範囲を広げる。また隠れている時間が長い場合は、見失ったと判断し、あらかじめ設定しておいたアルゴリズムにしたがった処理を行なう。例えば、きめられた範囲をスキャンして自動的に対象物体をさがす動作や、見失った時点で静止する、あるいは原点に復帰するなど、の処理が考えられる。実際の計算スピードは、浮動小数点コプロセッサを使ったシステムではマイクロコンピュータを使っても計算には2~3ミリ秒である。したがって、1フィールドのなかの4m秒単位の処理では、3つはこれに関する処理は何もしないで時間の経過を待つだけになる。処理が4m秒以内であることが確定している

処理であればこのなかで行なうことができる。この例では、得られた3次元情報を外部に伝えるための通信処理を行なっている。

【0058】(第二実施例) 第一実施例では自動追尾のカメラヘッドを使った映像データの取り込みを行ったが、対象物体によっては、背景から抜き出すのが難しいものもある。そのような対象物体では自動追尾とするとノイズなどの影響が大きくなってかえって精度が落ちることもある。そのため、同様なヘッドを使い人間が、対象物体を追いかける方法がある。カメラを動かすのに、第一の実施例のカメラヘッドをそのまま使って、モニターを見ながらリモコン操作で人間が対象物体を追いかける方法もある。しかし、人間が対象物体を追いかける場合は、モニター画面も使うがそれ以外の情報、たとえば直接見た動きや、周りの状況などを使って総合的な判断で追いかける場合がほとんどである。そのためリモコン操作ではなく実際にカメラの場所に人間がいて直接カメラを操作するほうが追尾能力が高くなる。したがって、人間が操作するのに適したカメラを使ってそのカメラの回転軸とレンズに角度などのセンサーを取り付けるほうがよい。この場合、対象物体の画像内での位置は検出できないため対象物体の正確な3次元位置を計算することはできない。しかし、カメラの向きや、画角などで、3次元空間でのそのカメラの視野は計算できる。また、通常対象物体は視野の中心付近となるように撮影すると考えられるから、たとえば視野の中心の座標計算し、それによってフォーカスなどのコントロールを自動化することも考えられる。

【0059】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、移動物体の計測装置において、(1) 移動物体の計測精度を高くすることができる、(2) カメラ装置ごとに異なる移動物体の3次元空間位置座標を求めるためのパラメータをその場で求めることができる、(3) カメラヘッドの自動追尾制御を正確にかつ滑らかにすることができる、(4) 計測すべき移動物体を背景から正確に取り出すことができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第一実施例の画像処理装置の全体構成の一例を示すブロック図。

【図2】本発明第一実施例の移動物体を撮影する様子を示す図。

【図3】本発明第一実施例のカメラヘッドの全体構成の概念図を示す図。

【図4】カメラヘッドの詳細構成を示す図。

【図5】カメラヘッドにおけるビデオカメラ、ズームレンズ、電動雲台の構成を示す図。

【図6】カメラヘッドの座標系を説明する図。

【図7】カメラの撮像面と座標系との関係を説明する図。

【図8】ピンホールカメラモデルによる被写体の投影関係を説明する図。

【図9】ズームレンズによる被写体の投影関係を説明する図。

【図10】画像位置計測装置による被写体のVT面への変換を説明する図。

【図11】被写体の注目ベクトルを説明する図。

【図12】注目ベクトルと拘束平面上の被写体との関係を説明する図。

【図13】被写体の3次元空間座標の演算を説明する図。

【図14】被写体の3次元空間座標の演算を説明する図。

【図15】A/D変換器の値と投影中心の位置との関係の実測値例を示す図。

【図16】A/D変換器の値と投影中心の位置の逆数との関係の例を示す図。

【図17】距離の逆数とA/D変換器の値との関係の例を示す図。

【図18】水平回転軸のステップ応答の実測値とこの実測値に近くなるように決定されたパラメータによるモデルの特性を示す図。

【図19】カメラヘッドの制御フローチャート例を示す図。

【図20】カメラヘッドの制御フローチャート例を示す図。

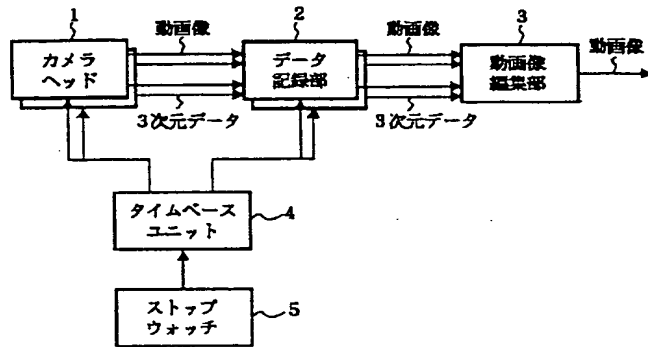
【符号の説明】

- 1 カメラヘッド
- 2 データ記録部
- 3 動画像編集部
- 4 タイムベースユニット
- 5 ストップウォッチ
- 11 ビデオカメラ
- 12 ズームレンズ
- 13 電動雲台
- 14 ヘッドコントローラ
- 15 画像処理装置
- 16 位置演算装置
- 17 駆動制御装置
- 20 サーボ回路
- 21 学習型色抽出装置
- 22 画像位置計測装置
- 23 A/D変換器
- 24 D/A変換器
- 26 空間座標計算回路
- 27 移動予測回路
- 28 カメラの方向計算回路
- 30 カメラの方向決定回路
- 31 ズーム量決定回路
- 32 フォーカス決定回路

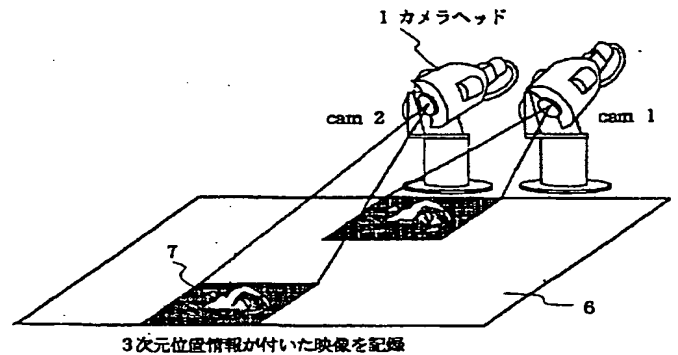
- 33 モータの制御回路
- 34 インタフェース
- 36 確認用TVモニター
- 37 操作用TVモニター
- 38 制御用端末装置
- 121 アイリス駆動用モータ
- 122 アイリス位置検出用ポテンシオメータ
- 123 フォーカス駆動用モータ

- 124 フォーカス位置検出用ポテンシオメータ
- 125 ズーム駆動用モータ
- 126 ズーム位置検出用ポテンシオメータ
- 131 雲台水平軸駆動用モータ
- 132 雲台水平軸位置検出用ポテンシオメータ
- 133 雲台垂直軸駆動用モータ
- 134 雲台垂直軸位置検出用ポテンシオメータ
- 201~205 位置制御サーボ回路

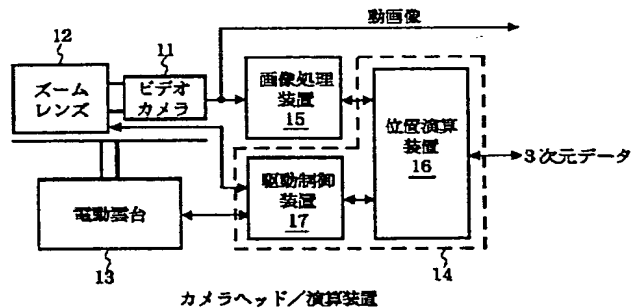
【図1】



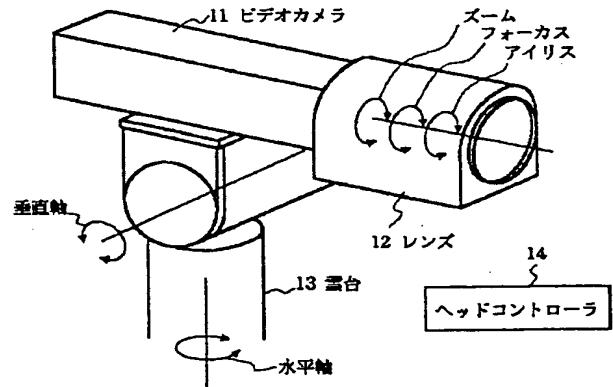
【図2】



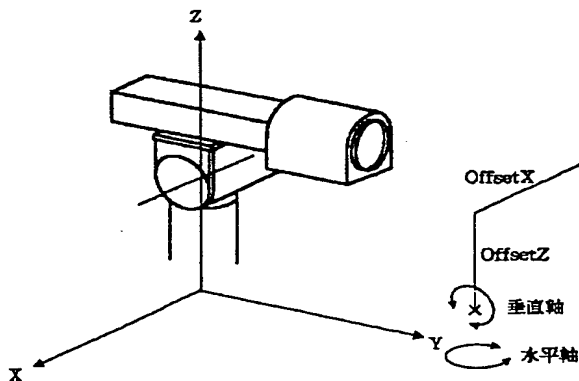
【図3】



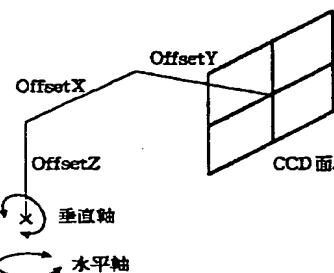
【図5】



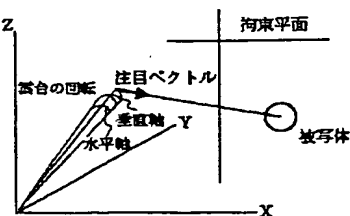
【図6】



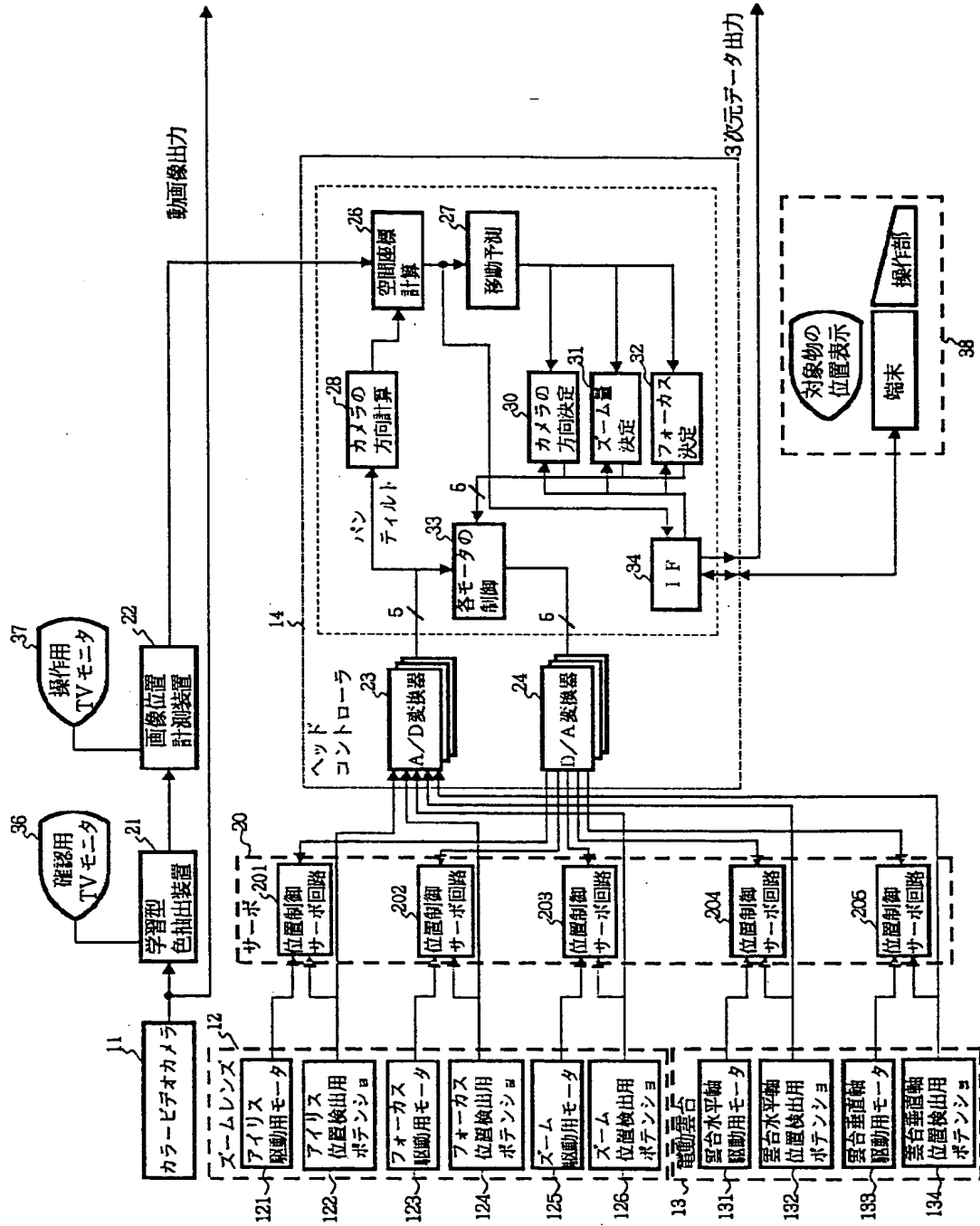
【図7】



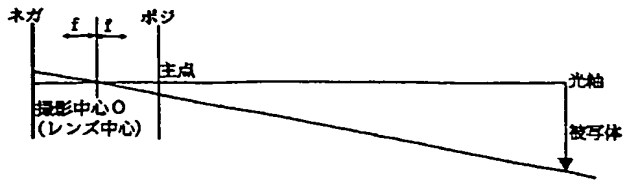
【図12】



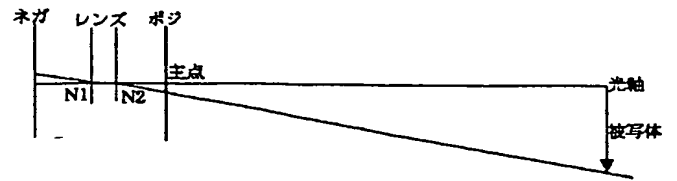
【図 4】



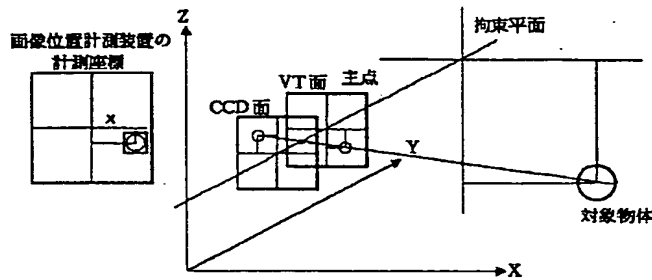
【図 8】



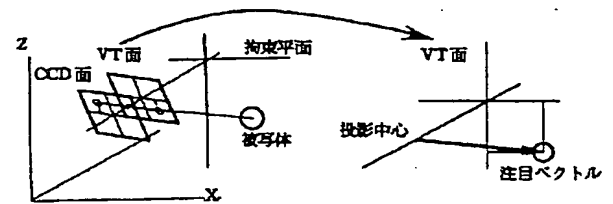
【図 9】



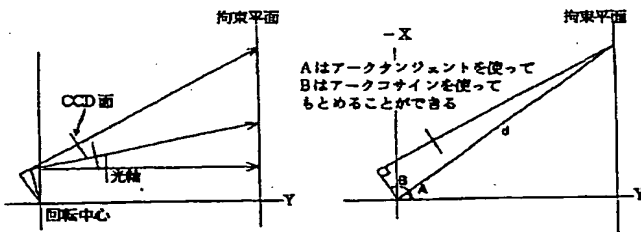
【図 10】



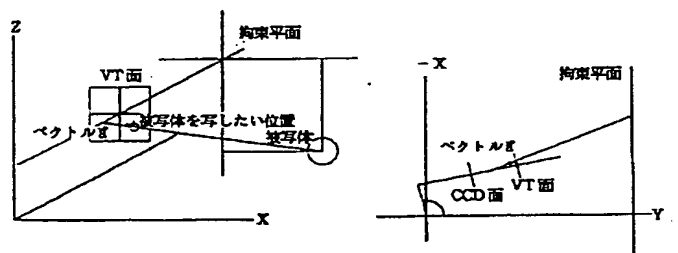
【図 11】



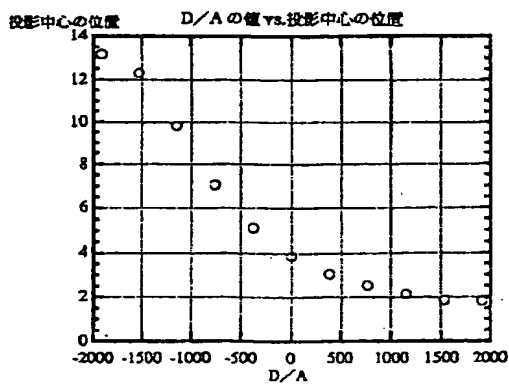
【図 13】



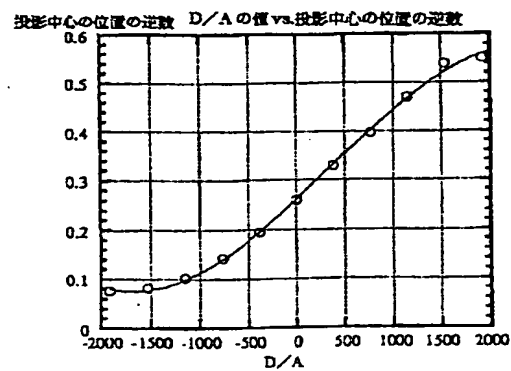
【図 14】



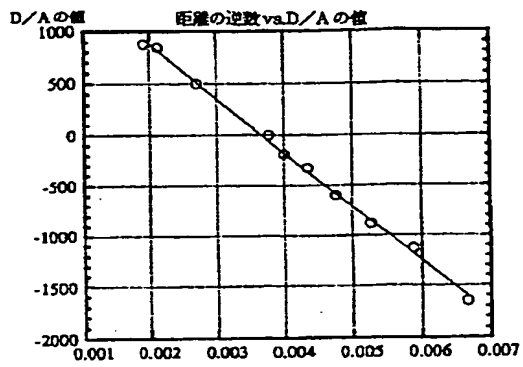
【図 15】



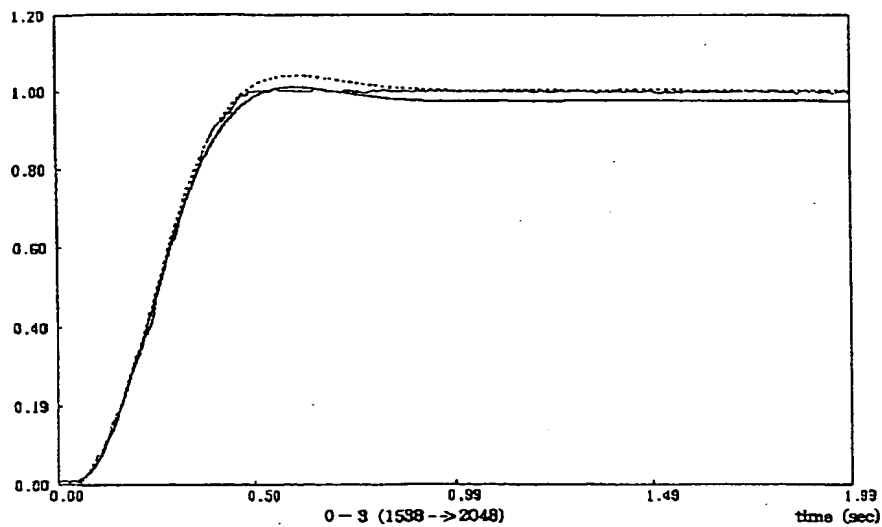
【図 16】



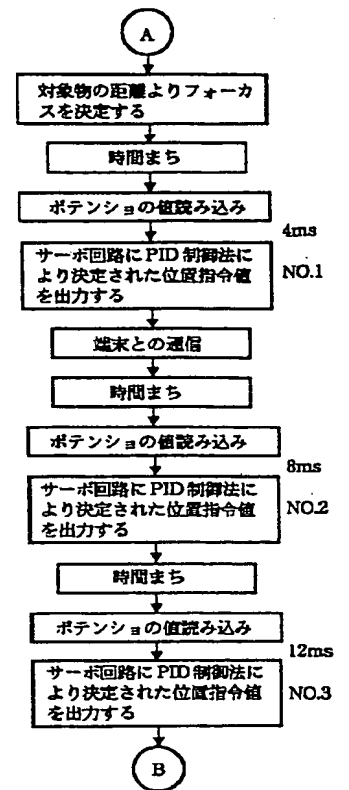
【図17】



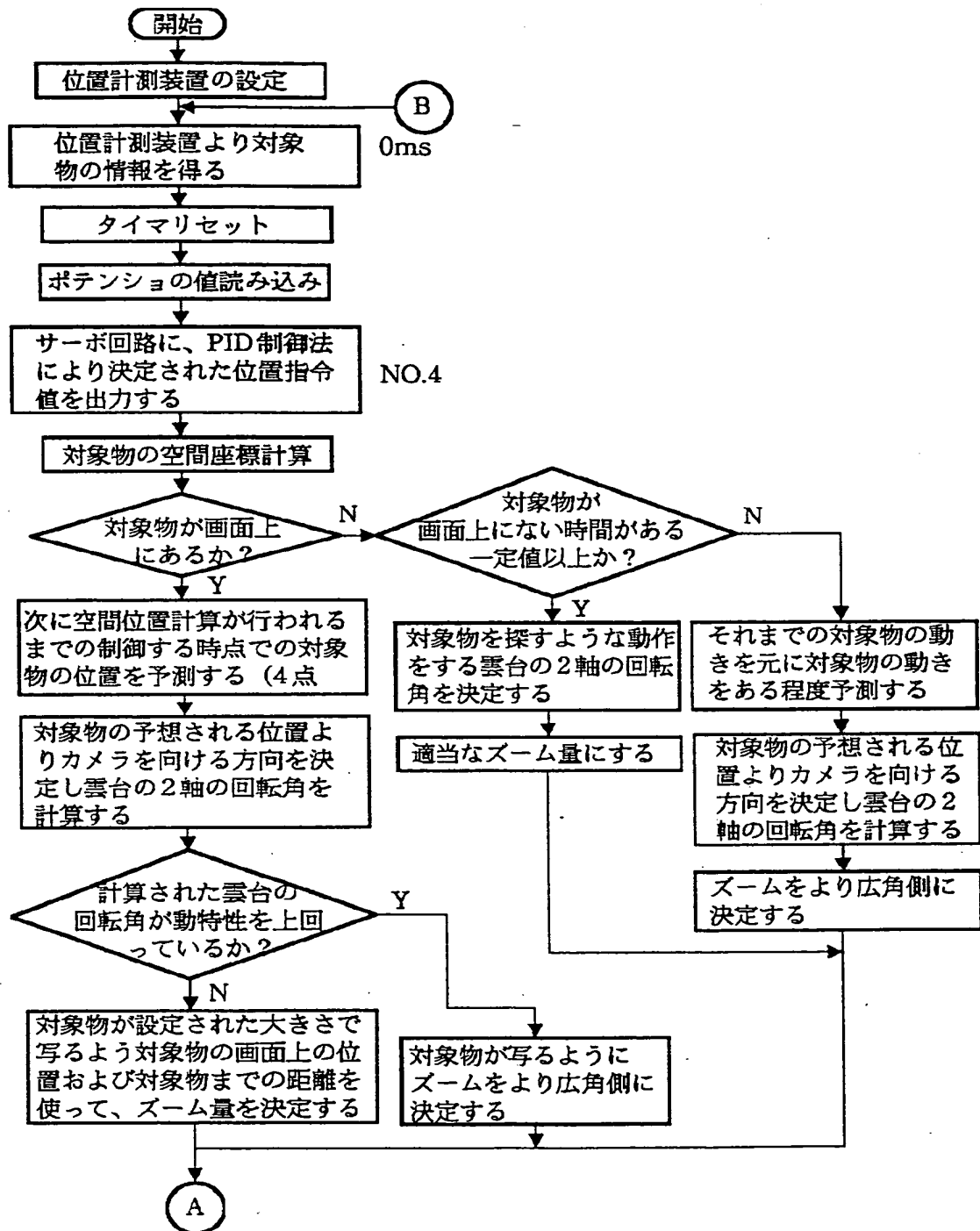
【図18】



【図20】



【図19】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.